

15.05.04



REC'D 02 JUN 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Best Available Copy**

**Aktenzeichen:**

103 12 787.9

**Anmeldetag:**

21. März 2003

**Anmelder/Inhaber:**

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung einer den  
zwischen Fahrbahn und Fahrzeugreifen vorliegen-  
den Reibwert repräsentierenden Reibwertgröße

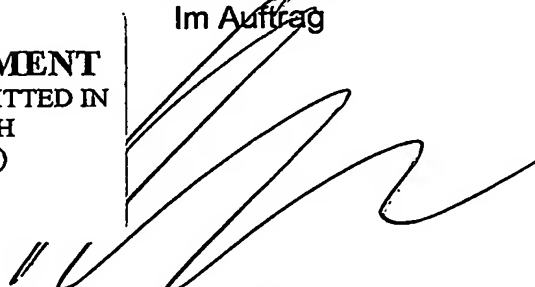
**IPC:**

G 01 M, G 01 N, G 01 L

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 25. März 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



Kahle

DaimlerChrysler AG

Wied

21.03.2003

Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung einer den zwischen  
Fahrbahn und Fahrzeugreifen vorliegenden Reibwert  
repräsentierenden Reibwertgröße

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung einer Reibwertgröße, die den zwischen Fahrbahn und Fahrzeugreifen vorliegenden Reibwert repräsentiert.

10 Solche Verfahren und Vorrichtungen sind aus dem Stand der Technik in vielerlei Modifikation bekannt. So sei auf die Deutschen Offenlegungsschriften DE 43 00 048 A1, DE 37 05 983 A1 sowie DE 44 35 448 A1 und die Japanische Offenlegungsschrift JP 11248438 A verwiesen.

15 Von dem vorstehend aufgeführten Stand der Technik stellt die Japanische Offenlegungsschrift JP 11248438 A den nächstkommenden Stand der Technik dar. Ihr ist nicht zu entnehmen, dass zur Ermittlung der Reibwertgröße zu mehreren aufeinanderfolgenden Zeitpunkten Radschlupfgrößen ermittelt werden und für diese Radschlupfgrößen oder in deren Abhängigkeit ermittelter anderer Schlupfgrößen eine  
20 wertmäßige Häufigkeitsverteilung ermittelt wird, die der Ermittlung der Reibwertgröße zugrunde liegt.

25 Vor diesem Hintergrund ergibt sich für den Fachmann folgende Aufgabe: Es sollen dies aus dem Stand der Technik bekannten radschlupfbasierten Verfahren und Vorrichtungen zur Ermittlung einer Reibwertgröße, die die den zwischen Fahrbahn

und Fahrzeugreifen vorliegenden Reibwert repräsentiert, verbessert werden.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 und  
5 durch die Merkmale des Anspruchs 5 gelöst.

Bei dem Verfahren zur Ermittlung einer Reibwertgröße, die den zwischen Fahrbahn und Fahrzeugreifen vorliegenden Reibwert repräsentiert, wird für wenigstens ein Fahrzeugrad eine Rad-  
10 schlupfgröße, die den an diesem Fahrzeugrad vorliegenden Radschlupf beschreibt, ermittelt. In Abhängigkeit dieser Radschlupfgröße wird die Reibwertgröße ermittelt.

Erfindungsgemäß werden während eines vorgegebenen Betriebszu-  
15 standes des Fahrzeuges zu verschiedenen, insbesondere aufeinanderfolgenden Zeitpunkten Radschlupfgrößen ermittelt und für diese Radschlupfgrößen oder für in Abhängigkeit dieser Radschlupfgrößen ermittelter achsweiser Schlupfgrößen deren wertmäßige Häufigkeitsverteilung ermittelt. Zur Ermittlung der  
20 Reibwertgröße werden diese wertmäßigen Häufigkeitsverteilung ausgewertet.

Ein weiterer interessanter Aspekt ergibt sich durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem  
25 Warnsystem, welches mit Hilfe eines Navigationssystems den Straßenverlauf der vor dem Fahrzeug liegenden Strecke ermittelt und welches den Fahrer mit Hilfe einer Anzeigevorrichtung durch das Einblenden von Gefahrenstellen symbolisierenden Verkehrszeichen auf im Straßenverlauf  
30 befindliche Gefahrenstellen wie Kurven und/oder Kreisverkehre und/oder Kreuzungen hinweist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen können der Beschreibung und der Zeichnung entnommen werden. Es sollen auch die vor-

teilhaften Ausgestaltungen einbezogen sein, die sich aus einer beliebigen Kombination der Unteransprüche ergeben.

Das Ausführungsbeispiel wird nachstehend anhand der Zeichnung  
5 näher beschrieben.

Dabei zeigen:

- 10 Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in Form eines Blockschaltbildes,  
Fig. 2 ein Ablaufschema, welches das in der erfindungsgemäßen Vorrichtung ablaufende erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung der Reibwertgröße, die den zwischen Fahrbahn und  
15 Fahrzeugreifen vorliegenden Reibwert repräsentiert, darstellt.

Im Folgenden wird auf die in Figur 1 dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung eingegangen.

- 20 Block 101 stellt den Kern der erfindungsgemäßen Vorrichtung dar. In diesem Block 101 läuft das erfindungsgemäße Verfahren ab, welches in Figur 2 mit Hilfe eines Flussdiagramms dargestellt ist und welches weiter unten detailliert  
25 beschrieben wird.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden dem Block 101 verschiedene Eingangsgrößen zugeführt.

- 30 Ausgehend von einem Block 102 werden dem Block 101 Radgeschwindigkeitsgrößen  $v_{ij}$ , die die Radgeschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeugräder beschreiben, zugeführt. Dabei handelt es sich bei dem Block 102 um den einzelnen Fahrzeugrädern zugeordnete Raddrehzahlsensoren und um  
35 Umrechnungsmittel, mit denen die erfassten Raddrehzahlen in

Radgeschwindigkeiten umgerechnet werden. Die Raddrehzahlsensoren und die Umrechnungsmittel können baulich getrennt ausgeführt sein, oder jeder Raddrehzahlsensor kann ein entsprechendes Umrechnungsmittel aufweisen.

5

Alternativ zu den Radgeschwindigkeitsgrößen  $v_{ij}$  können dem Block 101 ausgehend vom Block 102 auch Raddrehzahlgrößen  $n_{ij}$ , die die Raddrehzahlen der einzelnen Fahrzeugräder beschreiben, zugeführt werden. In diesem Fall findet die erforderliche Umrechnung im Block 101 statt und bei dem Block 102 handelt es sich um den einzelnen Fahrzeugrädern zugeordnete Raddrehzahlsensoren.

10

Alternativ können die Radgeschwindigkeitsgrößen  $v_{ij}$  dem Block 101 auch ausgehend von im Fahrzeug enthaltenen Regelungs- und/oder Steuerungsvorrichtungen zur Verfügung gestellt werden.

15

Die vorstehend im Zusammenhang mit den beiden Größen  $v_{ij}$  und  $n_{ij}$  verwendete Nomenklatur hat folgende Bedeutung: Der Index  $i$  gibt an, ob es sich um vorderes oder um ein hinteres Fahrzeugrad handelt. Der Index  $j$  gibt an, ob es sich um linkes oder um ein rechtes Fahrzeugrad handelt.

20

Ausgehend von einem Block 103 wird dem Block 101 eine Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_f$ , die die gefilterte Gierwinkelgeschwindigkeit beschreibt, zugeführt. In diesem Fall handelt es sich bei dem Block 103 um einen Gierwinkelgeschwindigkeitssensor und um ein entsprechendes Filtermittel. Dabei können der Gierwinkelgeschwindigkeitssensor und das Filtermittel eine bauliche Einheit bilden. Die beiden Komponenten können aber auch räumlich getrennt im Fahrzeug angeordnet sein.

25

30

Alternativ kann dem Block 101 auch eine ungefilterte Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße zugeführt werden. In diesem Fall wird die erforderliche Filterung im Block 101 durchgeführt.

5

Wie bereits im Zusammenhang mit Block 102 ausgeführt, kann auch die Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_{\mu}$  dem Block 101 von im Fahrzeug enthaltenen Regelungs- und/oder Steuerungsvorrichtungen zur Verfügung gestellt werden.

10

Ferner wird dem Block 101 ein Signal BLS, welches von einem Bremslichtschalter 104 erzeugt wird und welches angibt, ob eine Betätigung des Bremspedals vorliegt oder nicht, zugeführt.

15

Im Block 101 läuft das erfindungsgemäße Verfahren unter Verarbeitung der ihm zugeführten Eingangsgrößen  $v_{ij}$ ,  $\dot{\psi}_{\mu}$  und BLS ab. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Reibwertgröße  $F\mu$  ermittelt, die den zwischen Fahrbahn und Fahrzeugreifen vorliegenden Reibwert repräsentiert. Dabei gibt die Reibwertgröße  $F\mu$  nicht den Wert des Reibwertes wieder, sondern gibt lediglich an, ob es sich um eine griffige oder um eine glatte Fahrbahn handelt. D.h. mit der Reibwertgröße  $F\mu$  ist keine quantitative sondern lediglich eine qualitative Aussage bzgl. des Reibwertes möglich und zwar dahingehend, ob es sich um eine glatte oder um eine griffige Fahrbahn handelt. Wie der nachfolgend beschriebenen Hauptverwendung der Reibwertgröße  $F\mu$  zu entnehmen ist, ist es bei dieser Hauptverwendung vollkommen ausreichend, eine qualitative Aussage über den zwischen Fahrbahn und Fahrzeugreifen vorliegenden Reibwert treffen zu können.

30

Ausgehend vom Block 101 wird die Reibwertgröße  $F\mu$  einem Block 105 zugeführt, bei dem es sich um eine Anzeigevorrichtung

handelt, welche beispielsweise im Armaturenbrett, in diesem Fall ist die Anzeigevorrichtung in das Kombiinstrument integriert, oder in der Mittelkonsole des Fahrzeuges, in diesem Fall kann es sich um das Anzeigedisplay eines

5 Navigationssystems handeln, eingebaut ist. Mit Hilfe dieser Anzeigevorrichtung kann dem Fahrer angezeigt werden, ob sich das Fahrzeug momentan auf einer Fahrbahn mit glatter oder griffiger Oberfläche befindet. Das Befahren einer glatten Fahrbahn kann dem Fahrer beispielsweise durch Einblenden

10 einer Schneeflocke angezeigt werden. Der Fahrer kann sich somit beispielsweise bei einem Anfahrvorgang auf eine glatte Fahrbahn einstellen.

Der Block 105 bzw. die Anzeigevorrichtung 105 ist Teil eines

15 im Fahrzeug enthaltenen Warnsystems. Auf die Darstellung eines solchen Warnsystems in Figur 1 wurde der Übersichtlichkeit halber verzichtet. Jedoch soll nachfolgend zum besseren Verständnis die Funktionalität eines solchen Warnsystems beschrieben werden.

20 Solch ein Warnsystem ermittelt mit Hilfe eines Navigationssystems den Straßenverlauf der vor dem Fahrzeug liegenden Strecke. Gefahrenstellen wie Kurven, Kreisverkehre, Kreuzungen etc. werden dem Fahrer in einer

25 Anzeigevorrichtung, hierbei handelt es sich um den in Figur 1 dargestellten Block 105, durch das Einblenden eines die Gefahrenstelle symbolisierenden Verkehrszeichens angezeigt. Beispielsweise wird der Fahrer, wenn er auf eine Kurve

30 zufährt und die Krümmung dieser Kurve ein bestimmtes Maß übersteigt, auf diese vor ihm liegende Kurve durch Einblendung eines entsprechenden Warnsymbols, in diesem Fall kann es sich beispielsweise um Pfeile handeln, in der Anzeigevorrichtung aufmerksam gemacht.

Von solch einem Warnsystem sind zwei unterschiedliche Ausführungsformen denkbar. Bei einer ersten Ausführungsform erfolgt eine Warnung nur dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit einen der Gefahrenstelle entsprechenden

- 5 Geschwindigkeitsschwellenwert überschreitet. Bei einer zweiten Ausführungsform erfolgt die Warnung und somit Einblendung der Information unabhängig von der Fahrzeuggeschwindigkeit.

- 10 Alternativ können dem Block 101 weitere Größen zugeführt werden, was durch die strichlinierte Darstellung der beiden Blöcke 107 und 108 angedeutet ist. Zum einen kann dem Block 101 ausgehend von einem Block 107 eine die Außentemperatur beschreibende Größe  $T_{\text{außen}}$  zugeführt werden. Zum anderen kann
- 15 dem Block 101 ausgehend von einem Block 108 eine Größe  $F_{\text{Scheibenwischer}}$  zugeführt werden, die den Betrieb des Scheibenwischers repräsentiert. Diese beiden Größen sind für die Realisierung der Grundfunktion des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht zwingend erforderlich, wenn sie allerdings
- 20 zur Verfügung stehen, dann kann durch deren Auswertung das erfindungsgemäße Verfahren verbessert werden. Auf die konkrete Berücksichtigung der beiden Größen  $T_{\text{außen}}$  und  $F_{\text{Scheibenwischer}}$  wird bei der Beschreibung der Figur 2 näher eingegangen.

25

- In Figur 1 ist eine weitere Option dargestellt. Diese weitere Option betrifft die Ausgabe und Verwertung der Reibwertgröße  $F_{\mu}$ . Ergänzend zu der Zuführung der Reibwertgröße  $F_{\mu}$  zu der Anzeigevorrichtung 105 kann die Reibwertgröße  $F_{\mu}$  auch
- 30 verschiedenen im Fahrzeug enthaltenen Regelungs- und/oder Steuerungsvorrichtungen, die durch einen strichliniert dargestellten Block 106 repräsentiert werden, zugeführt werden. Die Information der Reibwertgröße  $F_{\mu}$  kann in diesem Fall beispielsweise zur Modifizierung der Regelungs- und/oder



Steuerungsalgorithmen verwendet werden. Als in Frage kommende Regelungs- und/oder Steuerungsvorrichtungen seien exemplarisch eine Bremsschlupfregelung und/oder eine Antriebsschlupfregelung und/oder eine

5 Gierwinkelgeschwindigkeitsregelung und/oder eine Abstandsregelung genannt. Liegt den vorstehend aufgezählten Regelungs- und/oder Steuerungsvorrichtungen die Reibwertgröße  $F\mu$  vor, dann diese Einrichtungen die übertragbaren Kräfte deutlich besser ausnutzen.

10

Außerdem kann auch in den vorstehend genannten Warnsystemen eine Verarbeitung der Reibwertgröße  $F\mu$  erfolgen. Diese Verarbeitung führt dann dazu, dass beispielsweise bei einer glatten Fahrbahnoberfläche, d.h. bei niedrigem Reibwert die

15 Information für den Fahrer über Kurven, Kreuzungen, etc. früher ausgegeben wird.

Im Folgenden wird auf das in Figur 2 dargestellte erfindungsgemäße Verfahren, welches in dem in Figur 1

20 dargestellten Block 101 abläuft, eingegangen.

Das erfindungsgemäße Verfahren beginnt mit einem Schritt 201, an den sich ein Schritt 202 anschließt. In diesem Schritt 202 werden verschiedene Initialisierungen durchgeführt. So werden

25 in diesem Schritt ein Zeitzähler  $t_{\text{Zähler}}$ , eine vorgegebene Anzahl von Schlupfklassenzählern  $\lambda_{\text{KZähler}}$  und ein Geschwindigkeitsänderungsgrößenzeiger  $a_{\text{Zeiger}}$  initialisiert. Auf die Bedeutung der einzelnen Zähler bzw. Zeiger wird bei der Beschreibung der nachfolgenden Schritte eingegangen.

30

Anschließend an den Schritt 202 schließt sich ein Schritt 203 an, in welchem die dem Block 101 zuzuführenden Eingangsgrößen bereitgestellt werden. Im Einzelnen handelt es sich um die Radgeschwindigkeitsgrößen  $v_{ij}$  und/oder die

Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_{fl}$  und/oder um das Signal BLS.

- In einem sich an den Schritt 203 anschließenden Schritt 204 wird eine Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  ermittelt, die die Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit beschreibt. Denn um Radschlüpfе ermitteln zu können, benötigt man die tatsächliche Geschwindigkeit des Fahrzeuges über Grund.
- 10 Die im Folgenden beschriebene Methode zur Bestimmung der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  bezieht sich auf ein Fahrzeug mit Heckantrieb. Bei einem Fahrzeug mit Frontantrieb oder Allradantrieb sind entsprechende Anpassungen erforderlich.
- 15 Damit die Ermittlung der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  möglichst genau wird, werden zwei Fälle unterschieden: der Antriebsfall und der Bremsfall. Die Unterscheidung dieser beiden Fälle erfolgt über das Signal BLS. Im Antriebsfall ist der Bremslichtschalter 104 nicht betätigt. Das von ihm erzeugte Signal
- 20 weist beispielsweise den Wert 0 auf. Dagegen ist im Bremsfall der Bremslichtschalter 104 betätigt. Das von ihm erzeugte Signal weist beispielsweise den Wert 1 auf.
- Zunächst wird der Antriebsfall und im Anschluss daran der
- 25 Bremsfall betrachtet.

- Im Antriebsfall wird die Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  durch Mittelwertbildung der Radgeschwindigkeiten der beiden nicht angetriebenen Räder bestimmt. Bei einem Fahrzeug mit Heckantrieb somit durch Mittelwertbildung der Radgeschwindigkeiten
- 30  $v_{vj}$  der Vorderräder. Dabei werden zur Verbesserung der Ermittlung der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  die Radgeschwindigkeiten  $v_{vj}$  der Vorderräder auf die kleinere der Radgeschwindigkeiten  $v_{hj}$  der Hinterräder begrenzt. Der Grund für diese

Begrenzung ist, dass im Antriebsfall ein nicht angetriebenes Rad nicht schneller sein kann als ein angetriebenes Rad.

Im Bremsfall wird die Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  durch Mittelwertbildung der Radgeschwindigkeiten des schnellsten und des zweitschnellsten Rades bestimmt. Der Grund hierfür ist folgender: Im Bremsfall sollen die beiden stärker gebremsten und somit langsameren Räder bei der Ermittlung der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  nicht verwendet werden.

10

Zusätzlich kann bei der Ermittlung der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  eine Gradientenbegrenzung durchgeführt werden. Diese Gradientenbegrenzung ist wie folgt realisiert: Wie der Darstellung in Figur 2 zu entnehmen ist, handelt es sich bei dem dargestellten Verfahren um ein zyklisches Verfahren. Folglich wird, solange die Ermittlung der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  läuft, für aufeinanderfolgende Zeitschritte, die im Abstand der Zykluszeit auseinanderliegen, jeweils ein Wert für diese Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  ermittelt. Die Zykluszeit, die durch den Rechenzyklus des verwendeten Prozessors bestimmt wird, liegt typischerweise in der Größenordnung von ungefähr 10 bis 20 Millisekunden. Aufgrund dieses kleinen zeitlichen Abstandes zwischen den einzelnen Zeitschritten bzw. Zeitpunkten, zu denen die Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  ermittelt wird, ist es nachvollziehbar, dass die Differenz der für diese aufeinanderfolgenden Zeitschritte ermittelten Werte der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  keinen beliebig großen Wert annehmen kann. Wird festgestellt, dass diese Differenz einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet, so wird für den nachfolgenden Zeitschritt der Wert der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  ausgehend von dem Wert der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$ , der für den vorhergehenden Zeitschritt vorlag unter Berücksichtigung eines Wertes für die Änderung der Geschwindigkeitsgröße

30

$v_{ref}$ , die innerhalb einer Zykluszeit maximal möglich ist, ermittelt. Diese Vorgehensweise stellt eine Begrenzung dar.

Die Zykluszeit gibt auch das Zeitraster vor, in dem  
5 beispielsweise im Block 101 die Werte der Eingangsgrößen eingelesen werden.

Eingangs der Ausführungen zur Ermittlung der  
Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  wurde erwähnt, dass bei einem  
10 Fahrzeug mit Frontantrieb oder Allradantrieb entsprechende Anpassungen bei der Vorgehensweise der Ermittlung der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  erforderlich sind. Wie den vorstehenden Ausführungen zu entnehmen ist, betreffen diese Anpassungen lediglich den Antriebsfall. Bei einem Fahrzeug  
15 mit Frontantrieb wird die Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  durch Mittelwertbildung der Radgeschwindigkeiten  $v_{vj}$  der Hinterräder ermittelt.

In einem Schritt 205, der sich an den Schritt 204 anschließt,  
20 wird eine Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{x_{Filt}}$ , die das Beschleunigungs- und/oder Verzögerungsverhalten des Fahrzeuges beschreibt, ermittelt.

Hierzu wird zunächst aus der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  mittels nachfolgender Gleichung die eine ungefilterte Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_x$  ermittelt:  
25

$$a_x(t) = (v_{ref}(t) - v_{ref}(t-1))/T \quad (1).$$

30 Dabei stellt die Größe  $T$  die Zykluszeit dar, die wie bereits erwähnt typischerweise einen Wert von 10 bis 20 Millisekunden hat. Die Variable  $t$  bezeichnet den aktuellen Zeitschritt. Demzufolge bezeichnet  $t-1$  den vorhergehenden Zeitschritt. Gleichung (1) stellt einen Differenzenquotienten dar. Selbst-  
35 verständlich kann die eine ungefilterte Geschwindigkeitsände-

rungsgröße  $a_x$  auch als mathematisch formulierte zeitliche Ableitung der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  ermittelt werden.

In einem weiteren Rechenschritt, der ebenfalls in dem in Figur 2 dargestellten Schritt 205 abläuft, wird durch eine fahrzeuggeschwindigkeitsänderungsabhängige Filterung aus der ungefilterten Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_x$  die Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}(t)$  unter Verwendung der Gleichung

$$a_{xFilt}(t) = (a_x(t-1) + a_x(t))/2 + df * a_x(t) \quad (2)$$

mit  $df = \max(0.1, \text{abs}((v_{ref}(t) - v_{ref}(t-1)) / v_{ref}(t)))$

ermittelt. Der Ausdruck  $\max$  bedeutet, dass von den beiden in der Klammer stehenden Werten der wertmäßig größere ausgewählt wird. Der Ausdruck  $\text{abs}$  bedeutet, dass der Betrag des geklammerten Ausdrucks gebildet wird.

Der durch die Gleichung (2) beschriebene Filter hat die Charakteristik eines Tiefpassfilters. Es handelt sich um eine Mittelwertbildung, die abhängig von der Geschwindigkeit des Fahrzeuges nachgeführt wird.

In einem Schritt 206, der auf den Schritt 205 folgt, wird ermittelt, ob eine Kurvenfahrt vorliegt oder nicht. Zu diesem Zweck wird die Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_{\mu}$  ausgewertet. Im vorliegenden Fall wird überprüft, ob der Wert der Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_{\mu}$  kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert ist. Der vorgegebene Schwellenwert kann beispielsweise in der Größenordnung von ungefähr 0.6 Grad/Sekunde liegen.

Ist der Wert der Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_{\mu}$  kleiner als der vorgegebene Schwellenwert, was gleichbedeutend damit ist, dass keine merkliche Kurvenfahrt vorliegt, so kann die Ermittlung der Reibwertgröße  $F\mu$  durchgeführt werden, weswegen  
 5 anschließend an den Schritt 206 ein Schritt 207 ausgeführt wird.

Ist dagegen der Wert der Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_{\mu}$  größer als der vorgegebene Schwellenwert, was gleichbedeutend  
 10 damit ist, dass eine merkliche Kurvenfahrt vorliegt, so kann die Ermittlung der Reibwertgröße  $F\mu$  nicht durchgeführt werden. Aus diesem Grund wird ausgehend vom Schritt 206 auf den Schritt 202 zurückgesprungen.

15 Durch die im Schritt 206 stattfindende Abfrage wird sichergestellt, dass die Ermittlung der Reibwertgröße  $F\mu$  ausschließlich bei Geradeausfahrt durchgeführt wird. Denn bei einer Kurvenfahrt liegen bedingt durch die Kurvenfahrt an den beiden Fahrzeugseiten unterschiedliche Schlupfwerte vor, die  
 20 bei der Ermittlung der Reibwertgröße zu einer Verfälschung führen würden.

Zudem kann bei Kurvenfahrt auch im Freirollfall ein Regelungseingriff durch eine  
 25 Gierwinkelgeschwindigkeitsregelung vorliegen. Um auch für diesen Fall zuverlässig auf Regeleingriff erkennen zu können, muss der Gierratensensor ausgewertet werden. Mit Hilfe der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  und der Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_{\mu}$  kann auch im Freirollfall  
 30 der Mindestreibwert bestimmt, und somit die Reibwertschätzung verbessert werden. Hierzu wird in Abhängigkeit der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  und der Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_{\mu}$  ein Wert für die

Längsbeschleunigung des Fahrzeuges ermittelt. Dieser wird beispielsweise durch Quotientenbildung mit der Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}$  verglichen, woraus sich besagter Mindestreibwert bestimmen lässt.

5

In dem bereits erwähnten Schritt 207 wird überprüft, ob der Betrag Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}(t)$  größer als ein vorgegebener Schwellenwert ist. Ist dies der Fall, so wird anschließend an den Schritt 207 ein Schritt 208 ausgeführt.

10 Ist dies dagegen nicht der Fall, so wird anschließend an den Schritt ein noch zu beschreibender Schritt 213 ausgeführt.

In dem bereits erwähnten Schritt 208 wird der Zeitzähler  $t_{Zähler}$  inkrementiert. Dies kann beispielsweise entsprechend  
15 der Beziehung

$$t_{Zähler} = t_{Zähler} + T \quad (3)$$

erfolgen. D.h. der Zeitzähler  $t_{Zähler} + T$  wird bei jeder  
20 Abarbeitung des Schrittes 208 um den Wert der Zykluszeit  $T$  erhöht. Das im Schritt 208 vorgenommene Inkrementieren des Zeitzählers hat folgende Bedeutung: Durch die beiden in den Schritten 206 und 207 stattfindenden Abfragen wird festgestellt, ob ein vorgegebener Betriebszustand des  
25 Fahrzeuges vorliegt, in dem ausschließlich die Ermittlung der Reibwertgröße  $F_{\mu}$  vorgenommen wird. Dieser vorgegebene Betriebszustand des Fahrzeuges ist durch die Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_{\mu}$  und/oder die Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}(t)$  definiert. Bei diesem  
30 vorgegebenen Betriebszustand des Fahrzeuges handelt es sich um eine Geradeausfahrt, bei der eine Mindestbeschleunigung oder eine Mindestverzögerung des Fahrzeuges vorliegt. Durch das Inkrementieren des Zeitzählers im Schritt 208 soll dokumentiert werden, wie lange dieser vorgegebene  
35 Betriebszustand des Fahrzeuges vorliegt.

Anschließend an den Schritt 208 wird ein Schritt 209 ausgeführt. In diesem Schritt 209 wird die gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren für die Ermittlung der Reibwertgröße  $F\mu$  erforderliche Schlupfbeobachtung durchgeführt. Hierzu werden zunächst in bekannter Weise in Abhängigkeit der Radgeschwindigkeitsgrößen  $v_{ij}$  und der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  Radschlupfgrößen  $\lambda_{ij}$  für die einzelnen Fahrzeugräder ermittelt.

10

Mit Blick auf die nachfolgenden Ausführungen sei daran erinnert, dass dem Ausführungsbeispiel ein Fahrzeug mit einem Heckantrieb zugrunde liegt, welches zwei Achsen aufweist. Bei einem Fahrzeug mit Vorderradantrieb oder bei einem Fahrzeug mit Allradantrieb sind bei den nachfolgenden Ausführungen entsprechende Änderungen bzw. Anpassungen vorzunehmen.

Ausgehend von den ermittelten Radschlupfgrößen  $\lambda_{ij}$  wird sowohl für die Vorderachse eine Schlupfgröße  $\lambda_{VA}$  als auch für die Hinterachse eine Schlupfgröße  $\lambda_{HA}$  ermittelt. Für die Vorderachse wird die Schlupfgröße  $\lambda_{VA}$  durch Mittelwertbildung aus den beiden Radschlupfgrößen  $\lambda_{vj}$  ermittelt. Entsprechendes gilt für die Schlupfgröße  $\lambda_{HA}$  Hinterachse. Die beiden Schlupfgrößen  $\lambda_{VA}$  und  $\lambda_{HA}$  werden der weiteren Schlupfbeobachtung zugrundegelegt. Folglich wird die Schlupfbeobachtung achsweise durchgeführt.

Entsprechend der Ermittlung der Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  wird auch bei der Schlupfbeobachtung zwischen dem Antriebsfall und dem Bremsfall unterschieden. Bei einem Fahrzeug mit Heckantrieb wird im Antriebsfall die für die Hinterachse ermittelte Schlupfgröße  $\lambda_{HA}$  ausgewertet. Wohingegen im Brems-



fall die für die Vorderachse ermittelte Schlupfgröße  $\lambda_{VA}$  ausgewertet wird.

Die eigentliche Schlupfbeobachtung läuft wie folgt ab: Mit  
5 Hilfe von Fahrversuchen wurde im Vorfeld ermittelt, welcher Wertebereich für die Radschlupfgrößen  $\lambda_{ij}$  und somit die Schlupfgrößen  $\lambda_{VA}$  und  $\lambda_{HA}$  zu erwarten ist. Der dabei ermittelte gesamte Wertebereich wurde in einzelne Schlupfklassen unterteilt. Dabei kann die Unterteilung bei  
10 kleinen Schlupfwerten feiner sein, d. h. bei kleinen Schlupfwerten ist die Intervalllänge der einzelnen Schlupfklasse kleiner. Wohingegen die Unterteilung zu größeren Schlupfwerten hin gröber werden kann, was bedeutet, dass bei größeren Schlupfwerten die Intervalllänge der  
15 einzelnen Schlupfklasse größer ist. Jeder der so ermittelten Schlupfklassen ist ein zugehöriger Schlupfklassenzähler  $\lambda_{kzähler}$  zugeordnet.

Wie bereits im Zusammenhang mit dem Schritt 204 ausgeführt,  
20 wird für jeden Zeitschritt des durch die Zykluszeit vorgegebenen Zeitrasters ein Wert für die Geschwindigkeitsgröße  $v_{ref}$  ermittelt. Folglich liegt auch für jeden dieser Zeitschritte eine Schlupfgröße  $\lambda_{VA}$  oder  $\lambda_{HA}$  vor.

25 Welche dieser beiden Schlupfgrößen ausgewertet wird, hängt davon ab, ob ein Antriebsfall oder ein Bremsfall vorliegt. Die auszuwertende Schlupfgröße wird mit den Intervallgrenzen der einzelnen Schlupfklassen verglichen. Wenn festgestellt wird, dass der Wert der auszuwertenden Schlupfgröße innerhalb  
30 einer dieser Schlupfklassen liegt, dann wird der zu dieser Schlupfklasse zugehörige Schlupfklassenzähler  $\lambda_{kzähler}$  inkrementiert.

Wie der Darstellung in Figur 2 zu entnehmen ist, handelt es sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren um ein zyklisches Verfahren. Folglich wird der Schritt 209, unter der Voraussetzung, dass die Zeitbedingung des noch zu

5 beschreibenden Schrittes 210 erfüllt ist, solange ausgeführt, wie die Bedingungen der Schritte 206 und 207 erfüllt sind. D.h. der Schritt 209 und somit die in ihm stattfindende Schlupfbeobachtung bzw. Klassifizierung der Schlupfgrößen wird während eines vorgegebenen Betriebszustandes des

10 Fahrzeuges für eine große Anzahl aufeinanderfolgender Zeitpunkte vorgenommen. Durch diese Klassifizierung bzw. Einsortierung der Schlupfgrößen in die einzelne Schlupfklassen ergibt sich für die Schlupfgrößen eine wertmäßige Häufigkeitsverteilung.

15

Zusammengefasst kann festgehalten werden: Jedes Mal wenn der Schritt 209 ausgeführt wird, wird eine Schlupfgröße  $\lambda_{VA}$  oder  $\lambda_{HA}$  ermittelt. Diese Schlupfgröße wird dann in Abhängigkeit ihres Wertes einer der Schlupfklassen zugeordnet. Dabei wird

20 der zu dieser Schlupfklasse zugehörige Schlupfklassenzähler  $\lambda_{KZähler}$  inkrementiert. Dieser Ablauf wiederholt sich solange, wie die Bedingungen der Schritte 206 und 207 innerhalb des durch die im Schritt 210 enthaltene Abfrage definierten zeitlichen Rahmens erfüllt sind. Folglich ergibt sich durch

25 diese Vorgehensweise eine wertmäßige Häufigkeitsverteilung für die Schlupfgrößen.

Alternativ zu der vorstehend beschriebenen achsweise durchgeführten Schlupfbeobachtung kann die Schlupfbeobachtung

30 auch radindividuell durchgeführt werden. Dies hat den Vorteil, dass in diesem Fall beispielsweise auch sogenannte  $\mu$ -split-Situationen erkannt werden können. Zudem hat die radindividuell durchgeführte Schlupfbeobachtung den Vorteil, dass auch sehr kurze Regeleingriffe, wie sie beispielsweise

von einer Gierwinkelgeschwindigkeitsregelung durchgeführt werden, eindeutig erkannt werden können. Vor diesem Hintergrund könnte sich anbieten, bei Vorliegen solcher kurzer Regeleingriffe eine Umschaltung von der achsweisen auf  
 5 die radindividuelle Schlupfbeobachtung vorzunehmen. Lange Regeleingriffe werden durch die achsweise Schlupfbeobachtung erfasst, weswegen bei Vorliegen solcher Regeleingriffe die Durchführung radindividueller Regeleingriffe nicht erforderlich ist.

10

Neben der vorstehend beschriebenen Schlupfbeobachtung wird im Schritt 209 auch der maximale Wert der Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}(t)$  ermittelt. Hierzu wird bei jedem Aufruf des Schrittes 209 zunächst der aktuelle  
 15 Wert der Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}(t)$  ermittelt. Dieser aktuelle Wert der Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}(t)$  wird mit dem Wert des Geschwindigkeitsänderungsgrößenzeigers  $a_{zeiger}$  verglichen. Wird bei diesem Vergleich festgestellt, dass der aktuelle Wert der  
 20 Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}(t)$  größer ist als der Wert des Geschwindigkeitsänderungsgrößenzeigers  $a_{zeiger}$ , dann wird der Wert des Geschwindigkeitsänderungsgrößenzeigers  $a_{zeiger}$  mit dem aktuellen Wert der Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}(t)$  überschrieben. Ist  
 25 dagegen der aktuelle Wert der Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}(t)$  kleiner als der Wert des Geschwindigkeitsänderungsgrößenzeigers  $a_{zeiger}$ , dann ist eine Überschreibung nicht erforderlich.

30 An den Schritt 209 schließt sich der bereits vorstehend erwähnte Schritt 210 an. In diesem Schritt 210 wird mit Hilfe einer Abfrage überprüft, ob der Wert des Zeitzählers  $t_{zähler}$  größer als ein vorgegebener erster Zeitschwellenwert ist, der beispielsweise einer Zeitdauer von 10 Sekunden entspricht.

Ist dies nicht der Fall, so wird ausgehend vom Schritt 210 zu dem Schritt 203 zurückgesprungen. Ist dagegen der Zeitzähler  $t_{\text{Zähler}}$  größer als der vorgegebene erste Zeitschwellenwert, so wird anschließend an den Schritt 210 ein Schritt 211 ausgeführt.

In dem Schritt 211 wird die Reibwertgröße  $F\mu$  durch Auswertung der wertmäßigen Häufigkeitsverteilung und des maximalen Wertes der Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{\text{xFilT}}(t)$  ermittelt.

10

Hierzu wird zunächst die prozentuale Verteilung der Schlupfgröße  $\lambda_{\text{VA}}$  oder  $\lambda_{\text{HA}}$  über die einzelnen Schlupfklassen ermittelt. Somit liegt zum einen der maximale Wert der Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{\text{xFilT}}(t)$  und zum anderen die prozentuale Verteilung der Schlupfgröße  $\lambda_{\text{VA}}$  oder  $\lambda_{\text{HA}}$  über die einzelnen Schlupfklassen vor. Unter Berücksichtigung dieser beiden Parameter und unter Verwendung der nachfolgenden Tabelle wird dann die Reibwertgröße  $F\mu$  ermittelt.

axfilT		Schlupfklasse																	
min	max	0.5% - 1%		1% - 1.5%		1.5% - 2%		2% - 2.5%		2.5% - 3%		3% - 4%		4% - 5%		5% - 6%		>6%	
[m/s <sup>2</sup> ]	[m/s <sup>2</sup> ]	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
griffig (trockener Asphalt)																			
-5.0	-3.0	a.1.1	a.1.2	a.1.3	a.1.4	a.1.5	a.1.6	a.1.7	a.1.8	a.1.9	a.1.10	a.1.11	a.1.12	a.1.13	a.1.14	a.1.15	a.1.16	a.1.17	a.1.18
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3.0	4.0	a.n.1	a.n.2	a.n.3	a.n.4	a.n.5	a.n.6	a.n.7	a.n.8	a.n.9	a.n.10	a.n.11	a.n.12	a.n.13	a.n.14	a.n.15	a.n.16	a.n.17	a.n.18
griffig (unebener Schnee)																			
1.0	1.5	b.1.1	b.1.2	b.1.3	b.1.4	b.1.5	b.1.6	b.1.7	b.1.8	b.1.9	b.1.10	b.1.11	b.1.12	b.1.13	b.1.14	b.1.15	b.1.16	b.1.17	b.1.18
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2.0	2.5	b.n.1	b.n.2	b.n.3	b.n.4	b.n.5	b.n.6	b.n.7	b.n.8	b.n.9	b.n.10	b.n.11	b.n.12	b.n.13	b.n.14	b.n.15	b.n.16	b.n.17	b.n.18
glatt (ebener Schnee)																			
-3.0	-2.5	c.1.1	c.1.2	c.1.3	c.1.4	c.1.5	c.1.6	c.1.7	c.1.8	c.1.9	c.1.10	c.1.11	c.1.12	c.1.13	c.1.14	c.1.15	c.1.16	c.1.17	c.1.18
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2.5	3.0	c.n.1	c.n.2	c.n.3	c.n.4	c.n.5	c.n.6	c.n.7	c.n.8	c.n.9	c.n.10	c.n.11	c.n.12	c.n.13	c.n.14	c.n.15	c.n.16	c.n.17	c.n.18
glatt (ABS/ASR/ESP-Regelung)																			
-5.0	5.0	d.1.1	d.1.2	d.1.3	d.1.4	d.1.5	d.1.6	d.1.7	d.1.8	d.1.9	d.1.10	d.1.11	d.1.12	d.1.13	d.1.14	d.1.15	d.1.16	d.1.17	d.1.18
-5.0	5.0	d.2.1	d.2.2	d.2.3	d.2.4	d.2.5	d.2.6	d.2.7	d.2.8	d.2.9	d.2.10	d.2.11	d.2.12	d.2.13	d.2.14	d.2.15	d.2.16	d.2.17	d.2.18

20

Tabelle: Prozentuale Schlupfverteilung bei unterschiedlichen Fahrzeug-Beschleunigungen bzw. Verzögerungen auf unterschiedlichen Fahrbahnoberflächen.

- Die Reibwertgröße  $F\mu$  bzw. die der Reibwertgröße  $F\mu$  zuzuweisende Information wird wie folgt ermittelt: Zunächst werden durch Auswertung des maximalen Wertes der
- 5 Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xPilt}(t)$  die in Frage kommenden Zeilen der Tabelle ermittelt. Hierzu wird überprüft, in welchem der in der ersten Spalte aufgeführten Intervalle dieser maximale Wert enthalten ist.
- 10 Anschließend daran wird ermittelt, welche dieser in Frage kommenden Zeilen eine Verteilung aufweist, die mit der für die Schlupfgrößen  $\lambda_{VA}$  oder  $\lambda_{HA}$  oder mit der für die Radschlupfgrößen  $\lambda_{ij}$  ermittelten wertemäßigen Häufigkeitsverteilung übereinstimmt. Hierzu wird für jede der
- 15 in Frage kommenden Zeile überprüft, ob für sämtliche der Schlupfklassenzähler  $\lambda_{kzähler}$  der jeweils ihm zugeordnete prozentuale Wert in dem Intervall der jeweils zugehörigen Schlupfklasse enthalten ist. Gibt es eine Zeile, bei der für alle Schlupfklassen eine Übereinstimmung vorliegt, so bestimmt
- 20 diese Zeile die der Reibwertgröße  $F\mu$  zuzuweisende Information. Als Information wird der Reibwertgröße  $F\mu$  je nach Ergebnis die Information „glatt“ oder „griffig“ zugewiesen.
- 25 Erhält man aufgrund der vorstehend beschriebenen Vorgehensweise einen Tabellentreffer, so hat man für die letzte Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsphase den Zustand zwischen Reifen und Fahrbahn detektiert und kann entsprechend darauf reagieren.
- 30 Mit Hilfe der vorstehend beschriebenen Vorgehensweise kann für mehrere aufeinanderfolgende gleiche vorgegebene Betriebszustände des Fahrzeuges jeweils eine eigene Reibwertgröße ermittelt werden. D.h. es werden zeitlich

gesehen nacheinander mehrere voneinander unabhängige Ermittlungen von Reibwertgrößen durchgeführt.

5 Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich ausgehend von dieser Vorgehensweise wie folgt verbessern: Aus mehreren solcher Reibwertgrößen kann ein Mittelwert gebildet werden.

10 An dieser Stelle sei noch darauf eingegangen, wie die vorstehende Tabelle generiert wurde. In Messreihen wurden Im Vorfeld durch Fahrversuche die charakteristischen prozentualen Schlupfklassenverteilungen für Beschleunigungs- und für Verzögerungsvorgänge auf griffiger und glatter Fahrbahnoberfläche empirisch ermittelt und als Tabelle für glatte Verhältnisse (Schneedecke) und für griffige  
15 Verhältnisse (trockener Asphalt) abgelegt.

Zur Erweiterung der Reibwertschätzung kann die vorstehende Tabelle mit charakteristischen Schlupfverteilungen für zusätzli-  
20 chen Fahrbahnoberflächen wie beispielsweise Schotter oder Sand und für Fahrbahnbeschaffenheiten, als Beispiel seien eine mit Laub bedeckte Fahrbahn oder Wasser auf der Fahrbahn genannt, erweitert werden.

25 Im Zusammenhang mit der vorstehenden Tabelle nehmen solche vorgegebenen Betriebszustände eines Fahrzeuges, bei denen es zu einem Regelungseingriff durch einen Bremsschlupfregler und/oder durch einen Antriebsschlupfregler und/oder durch einen Gierwinkelgeschwindigkeitsregler kommt, eine Sonderstellung ein. Liegen solche Regelungseingriffe vor, dann ist  
30 die Schlupfverteilung in Richtung der höheren Schlupfklassen verschoben. Aus diesem Grund weist die vorstehende Tabelle zwei entsprechende Zeilen auf, denn in solch einem Betriebszustand ist die Erkennung des Reibwertes besonders einfach und eindeutig, da die wertemäßigen Häufigkeitsverteilungen

der Radschlupfgrößen bzw. der Schlupfgrößen einen besonders hohen Anteil in den Schlupfklassen mit einem hohen Schlupfwert aufweisen.

- 5    Anschließend an den Schritt 211 wird ein Schritt 212 ausgeführt, in dem die Weiterverarbeitung der Reibwertgröße  $F\mu$  stattfindet. In erster Linie wird die Information der Reibwertgröße  $F\mu$  dem Fahrer mit Hilfe der in Figur 1
- 10    dargestellten Anzeigevorrichtung 105 dargestellt. D.h. dem Fahrer wird mitgeteilt, ob die momentan befahrene Straße eine griffige oder glatte Oberfläche aufweist. Außerdem kann die Reibwertgröße  $F\mu$  anderen im Fahrzeug angeordneten Regelungs- und/oder Steuerungsvorrichtungen 106 zur Weiterverarbeitung
- 15    zugeführt werden. Ausgehend vom Schritt 212 wird zu dem Schritt 202 zurückgesprungen.

- Für den Fall, dass im Schritt 207 festgestellt wird, dass der Betrag der Geschwindigkeitsänderungsgröße  $a_{xFilt}(t)$  kleiner als der vorgegebene Schwellenwert ist, wird anschließend an
- 20    den Schritt 207 der bereits erwähnte Schritt 213 ausgeführt. In diesem Schritt 213 wird mit Hilfe einer Abfrage überprüft, ob der Wert des Zeitzählers  $t_{Zähler}$  größer als ein vorgegebener zweiter Zeitschwellenwert ist, der beispielsweise einer
- 25    Zeitdauer von 0.5 Sekunden entspricht. Ist dies nicht der Fall, so wird ausgehend vom Schritt 213 zu dem Schritt 202 zurückgesprungen. Ist dagegen der Zeitzähler  $t_{Zähler}$  größer als der zweite Zeitschwellenwert, so wird anschließend an den Schritt 213 der Schritt 211 ausgeführt.

- 30    Die beiden in den Schritten 210 und 213 durch Auswertung des Zeitzählers durchgeführten Zeitabfragen haben folgenden Hintergrund. Mit der Zeitabfrage des Schrittes 213 soll sichergestellt werden, dass die Ermittlung der Reibwertgröße  $F\mu$  erst dann durchgeführt wird, wenn der vorgegebene Betriebszu-
- 35    stand des Fahrzeuges eine vorgegebene Mindestdauer besteht

und somit eine so große Anzahl von Radschlupfgrößen ermittelt worden ist, dass die Ermittlung der Reibwertgröße  $F\mu$  als verlässlich angesehen werden kann. Die im Schritt 210 enthaltene Zeitabfrage hat die Funktion, die Ermittlung der Reibwertgröße  $F\mu$  bei Erreichen bzw. Überschreiten einer vorgegebenen Zeitdauer, deren Wert beispielsweise mit 10 Sekunden angesetzt werden kann, beendet wird. Hintergrund hierfür ist, dass ab einer gewissen Zeitdauer so viele Radschlupfgrößen ermittelt worden sind, dass eine zusätzliche Ermittlung weiterer Radschlupfgrößen keine Verbesserung in der Qualität der Ermittlung der Reibwertgröße  $F\mu$  bringen würde.

Wie bereits im Zusammenhang mit Figur 1 angedeutet, können dem Block 101 zur Verbesserung der Ermittlung der Reibwertgröße  $F\mu$  weitere Größen zugeführt werden. Hierbei handelt es sich beispielsweise um die die Außentemperatur beschreibende Größe  $T_{\text{außen}}$  und um die Größe  $F_{\text{Scheibenwischer}}$ , die den Betrieb des Scheibenwischers repräsentiert. Stehen diese beiden Größen dem Block 101 als Eingangsgrößen zur Verfügung, so sind bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zwischen dem Schritt 201 und dem Schritt 202 zwei optionale Schritte zwischenzuschalten. Der Übersichtlichkeit halber wurde auf die Darstellung dieser beiden optionalen Schritte in Figur 2 verzichtet.

In einem ersten optionalen Schritt kann durch Auswertung der die Außentemperatur beschreibenden Größe  $T_{\text{außen}}$  überprüft werden, ob die Außentemperatur größer als ein vorgegebener Temperaturschwellenwert ist, der beispielsweise eine Außentemperatur von 15 Grad Celsius repräsentiert. Ist dies der Fall, so kann davon ausgegangen werden, dass eine griffige Fahrbahn vorliegt. In diesem Fall kann die Abarbeitung der Schritte 202 bis 213 entfallen, und der Größe  $F\mu$  kann direkt ein Wert zugewiesen werden, der eine griffige Fahrbahnoberfläche repräsentiert.

35

Alternativ und/oder ergänzend zu diesem ersten optionalen Schritt kann ein zweiter optionaler Schritt eingefügt werden.



In diesem zweiten optionalen Schritt kann durch Auswertung der die Außentemperatur beschreibenden Größe  $T_{\text{außen}}$  und der Größe  $F_{\text{Scheibenwischer}}$ , die den Betrieb des Scheibenwischers repräsentiert, überprüft werden, ob eine niedrige Außen-  
5 temperatur vorliegt und gleichzeitig der Scheibenwischer in Betrieb ist. Ist dies der Fall, d.h. fällt Niederschlag und ist es gleichzeitig die Temperatur niedrig, so kann davon ausgegangen werden, dass Fahrbahnverhältnisse mit niedrigem Reibwert vorliegen. Auch in diesem Fall kann die Abarbeitung  
10 der Schritte 202 bis 213 entfallen, und der Größe  $F_{\mu}$  kann direkt ein Wert zugewiesen werden, der eine glatte Fahrbanoberfläche repräsentiert.

An dieser Stelle sei nochmals der Kern des erfindungsgemäßen  
15 Verfahrens zusammengefasst: Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Tatsache ausgenutzt, dass das Reifen-Schlupfverhalten bei griffiger bzw. glatter Fahrbanoberfläche typischerweise unterschiedlich ist. Es wird somit der in einer  $\mu$ -Schlupfkurve dargestellte  
20 Zusammenhang ausgenutzt. Das Schlupfverhalten wird während eines vorgegebenen Betriebszustandes des Fahrzeuges bestimmt. Bei diesem vorgegebenen Betriebszustandes des Fahrzeuges handelt es sich um eine Beschleunigungs- bzw.  
25 Verzögerungsphase des Fahrzeuges. Es handelt sich somit um einen durch eine Geschwindigkeitsänderungsgröße definierten Betriebszustand des Fahrzeuges. Grundsätzlich werden die Schlupfgrößen  $\lambda_{VA}$  oder  $\lambda_{HA}$  nur während einer Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsphase von  $|a_{x\text{Filt}}| > 0,5 \text{ m/s}^2$  und einer minimalen Zeit von 0,5 s sowie einer maximalen Zeit von 10 s  
30 ermittelt. Während dieser Zeit wird in jedem Zyklus die Schlupfgröße errechnet, klassifiziert und die Anzahl des Auftretens in der entsprechenden Schlupf-Klasse gespeichert und der maximale Beschleunigungs- bzw. Verzögerungswert während der Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsphase bestimmt.  
35 Nach dem Ende der Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsphase

wird die absolute Anzahl des Auftretens der Schlüpfе in eine prozentuale Verteilung der Schlüpfе über den Schlupf-Klassen berechnet. Anschließend werden die ermittelten Werte, d.h. die prozentualen Werte der Schlupfklassen und der maximale Beschleunigungs- bzw. Verzögerungswert geprüft, ob diese innerhalb eines bestimmten Bereiches liegen. Für die einzelnen Schlupfklassen und für die ermittelte Beschleunigung bzw. Verzögerung gibt es jeweils einen Bereich, der mittels eines minimal und eines maximal zulässigen Wertes eindeutig bestimmt ist.

Ein Tabellentreffer ist dann gefunden, wenn alle Bereichsbedingungen einer Tabellenzeile erfüllt sind. Nach jeder Schlupfbeobachtungsphase wird die Tabelle vollständig durchlaufen, wodurch auch Tabellenmehrfachtreffer sind möglich.

DaimlerChrysler AG

Wied

21.03.2003

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Ermittlung einer Reibwertgröße ( $F\mu$ ), die  
den zwischen Fahrbahn und Fahrzeugreifen vorliegenden  
Reibwert repräsentiert,  
bei dem für wenigstens ein Fahrzeugrad eine  
Radschlupfgröße ( $\lambda_{ij}$ ), die den an diesem Fahrzeugrad  
10 vorliegenden Radschlupf beschreibt, ermittelt wird, und  
bei dem die Reibwertgröße ( $F\mu$ ) in Abhängigkeit der  
Radschlupfgröße ( $\lambda_{ij}$ ), ermittelt wird,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass während eines vorgegebenen Betriebszustandes des  
15 Fahrzeuges zu verschiedenen, insbesondere  
aufeinanderfolgenden Zeitpunkten Radschlupfgrößen ( $\lambda_{ij}$ )  
ermittelt werden und für diese Radschlupfgrößen ( $\lambda_{ij}$ )  
oder für in Abhängigkeit dieser Radschlupfgrößen ( $\lambda_{ij}$ )  
ermittelte achsweiser Schlupfgrößen ( $\lambda_{VA}$  und  $\lambda_{HA}$ ) deren  
20 wertemäßige Häufigkeitsverteilung ermittelt wird, wobei  
die Reibwertgröße ( $F\mu$ ) durch Auswerten dieser  
wertemäßigen Häufigkeitsverteilung ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass zusätzlich eine Geschwindigkeitsänderungsgröße  
( $a_{xFilt}$ ), die das Beschleunigungs- und/oder

Verzögerungsverhalten des Fahrzeuges beschreibt, ermittelt wird, wobei die Geschwindigkeitsänderungsgröße ( $a_{x\text{Filt}}$ ) bei der Ermittlung der Reibwertgröße ( $F\mu$ ) berücksichtigt wird.

5

3. Verfahren nach Anspruch 2,  
d a d u r c h    g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Betriebszustand des Fahrzeuges zumindest in  
Abhängigkeit der Geschwindigkeitsänderungsgröße ( $a_{x\text{Filt}}$ )  
definiert ist.

10

4. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h    g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Betriebszustand des Fahrzeuges zumindest in  
Abhängigkeit einer Gierwinkelgeschwindigkeitsgröße  $\dot{\psi}_{\text{fil}}$ ,  
die die gefilterte Gierwinkelgeschwindigkeit beschreibt,  
definiert ist.

15

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch  
1.

20

6. Verwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 in einem  
Warnsystem, welches mit Hilfe eines Navigationssystems  
den Straßenverlauf der vor dem Fahrzeug liegenden Strecke  
ermittelt und welches den Fahrer mit Hilfe einer  
Anzeigevorrichtung (105) durch das Einblenden von  
Gefahrenstellen symbolisierenden Verkehrszeichen auf im  
Straßenverlauf befindliche Gefahrenstellen wie Kurven  
und/oder Kreisverkehre und/oder Kreuzungen hinweist.

25

30

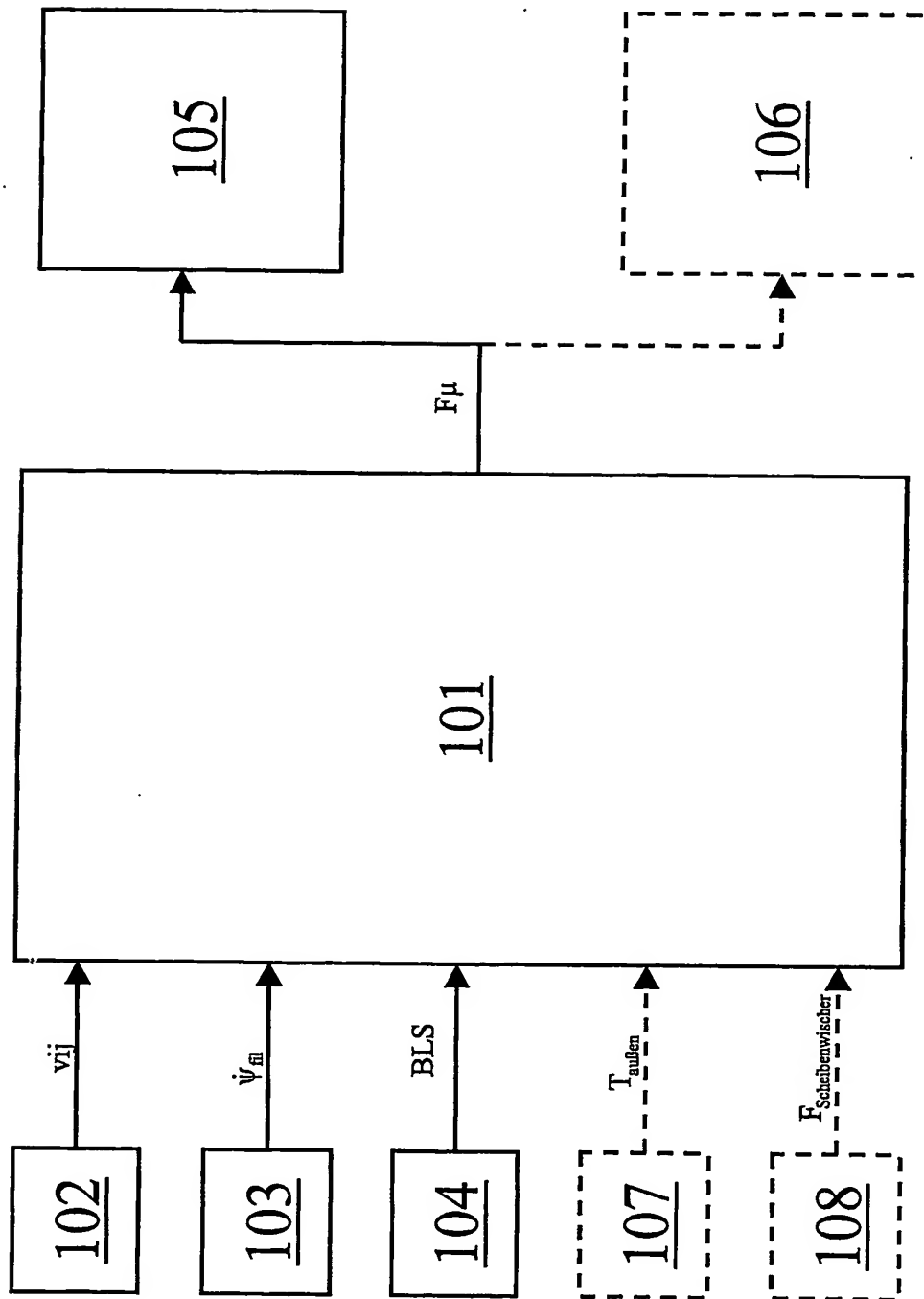


Fig. 1

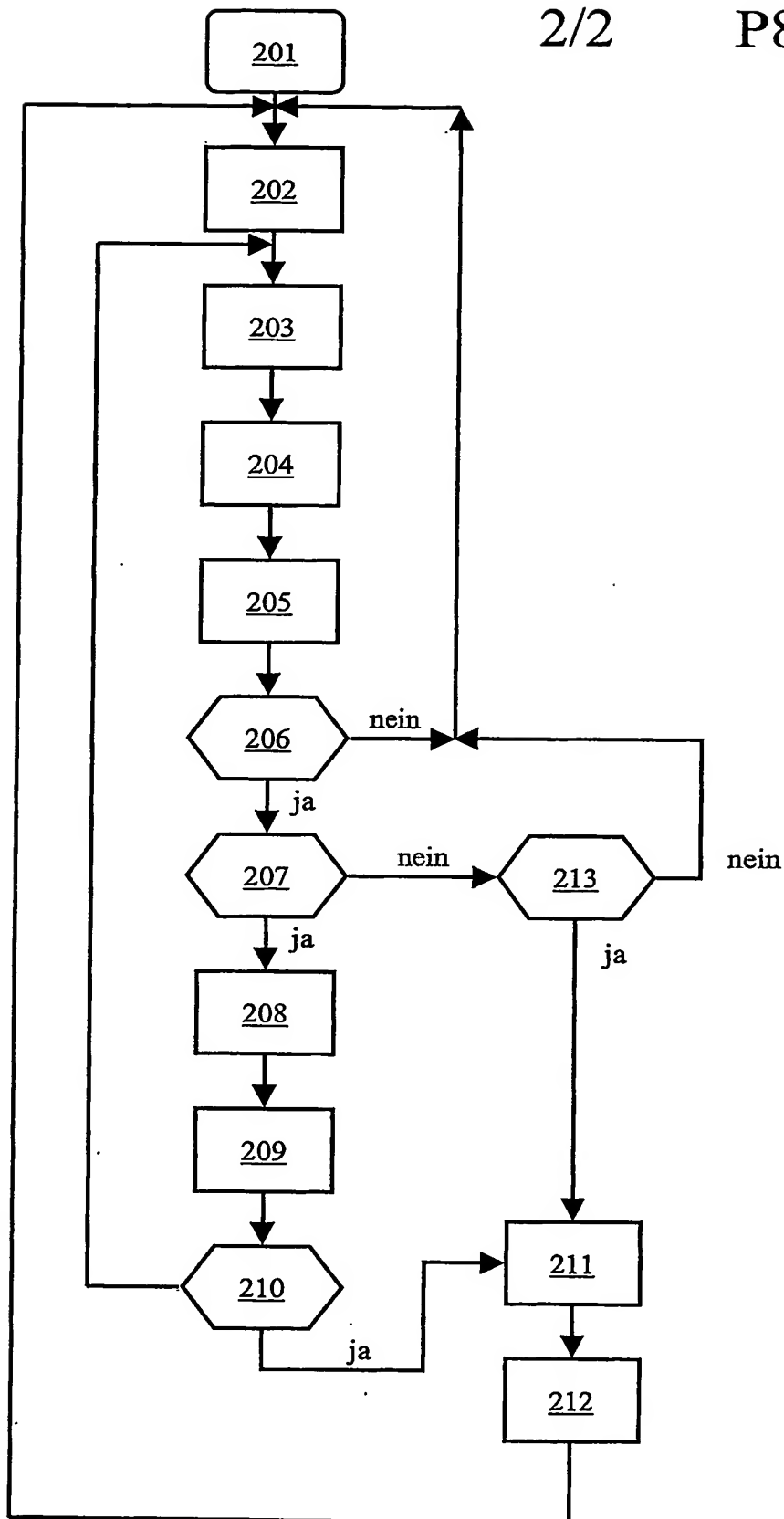


Fig. 2

DaimlerChrysler AG

Wied

21.03.2003

Zusammenfassung

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer Reibwertgröße ( $F\mu$ ), die den zwischen Fahrbahn und Fahrzeugreifen vorliegenden Reibwert repräsentiert. Zu diesem Zweck wird für wenigstens ein Fahrzeugrad eine Radschlupfgröße ( $\lambda_{ij}$ ), die den an diesem
- 10 Fahrzeugrad vorliegenden Radschlupf beschreibt, ermittelt. In Abhängigkeit dieser Radschlupfgröße ( $\lambda_{ij}$ ) wird die Reibwertgröße ( $F\mu$ ) ermittelt. Hierzu werden während eines vorgegebenen Betriebszustandes des Fahrzeuges zu verschiedenen, insbesondere aufeinanderfolgenden Zeitpunkten
- 15 Radschlupfgrößen ( $\lambda_{ij}$ ) ermittelt. Für diese Radschlupfgrößen ( $\lambda_{ij}$ ) oder für in Abhängigkeit dieser Radschlupfgrößen ( $\lambda_{ij}$ ) ermittelter achsweiser Schlupfgrößen ( $\lambda_{VA}$  und  $\lambda_{HA}$ ) wird deren wertemäßige Häufigkeitsverteilung ermittelt. Die Reibwertgröße ( $F\mu$ ) wird durch Auswerten dieser wertemäßigen
- 20 Häufigkeitsverteilung ermittelt.

Figur 2

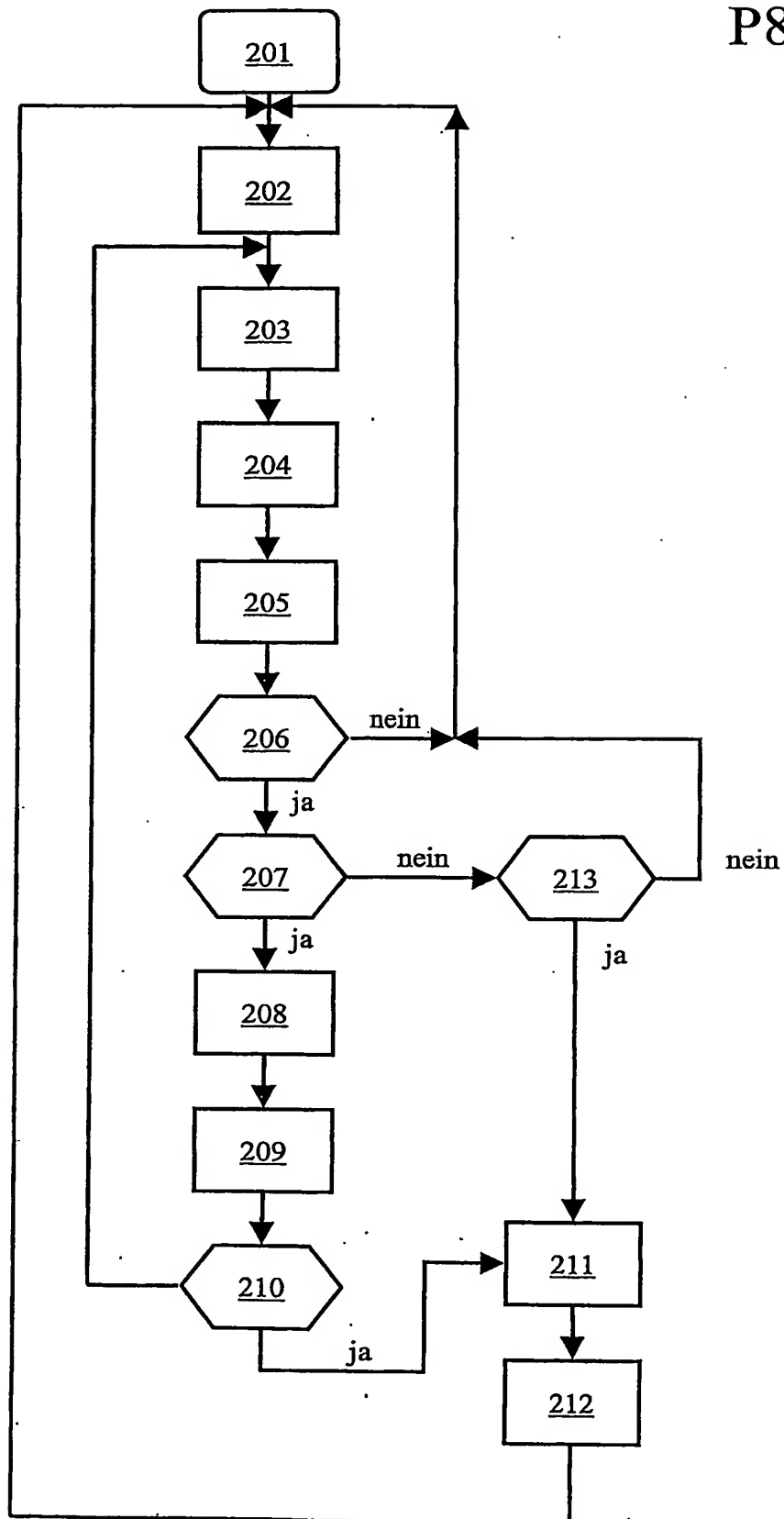


Fig. 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant:

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**